

W1425

METHOD OF PRODUCING  
MINUTE METAL BALLS

微小金属球の製造方法

# SPECIFICATION

## ~~【書類名】~~明細書

~~【発明の名称】~~微小金属球の製造方法

## ~~【技術分野】~~Background of the Invention

### 【0001】Field of the Invention

本発明は、真球度が高く、粒径の揃った微小金属球を得る製造方法に関するものである。

## ~~【背景技術】~~ Description of the related art

### 【0002】

近年、真球度が高く、粒径の揃った微小金属球が様々な分野で要求されている。例えば電子機器の製造分野では、BGA (Ball Grid Array) や CSP (Chip Size Package) と呼ばれる形態の接合方法が広く行われるようになっており、これらの接合方法では微小金属球が用いられる。BGA、CSPは何れもパッケージの裏面に入出力用のパッドを並べたICパッケージであり、金属球を予め搭載しているパッケージを、実装基板上に設置し、一括リフローによりパッケージと実装基板とを接合を行う技術である。

### 【0003】

電子機器の高性能化に伴い、BGA、CSP等により電子機器を構成する各部品を接合する際には、高精度な接合寸法が要求されている。従来、要求される接合寸法は、縦、横の平面方向についてであったが、一部の電子機器に用いられる電子部品では、平面方向に加え、高さ方向、すなわち部品を接合する基板と部品との間隔についても高精度な接合寸法が要求されるようになっている。言いかえると、このような電子機器では、接合部は単に電気的な導通部としての機能のみならず、スペーサとしての機能も要求されるようになっている。

### 【0004】

通常、BGA、CSP等の接続では融点の低いSn基のはんだ合金からなる微小金属球が用いられているが、スペーサとしての機能が要求される上記の用途では、はんだ合金と比べて融点の高いCu等の微小金属球にはんだ合金を被覆したものが用いられている。

### 【0005】

例示したこれらの用途に用いられる微小金属球では、粒径が小さいのみならず、真球度が高く、粒径のばらつきが小さいことが併せて要求される。現在このような微小金属は、定尺に切断された金属細片を、上部がこの金属細片の融点より高く、下部が融点以下の油中に上部から投入し、表面張力をを利用して球状化させる油中冷却法や、縦配列された炉芯管内で、金属細片を自由落下させながら金属細片をその融点以上に加熱して、球状化させる方法（例えば特許文献1、2参照。）などにより製造されている。

### 【0006】

【特許文献1】特開平4-066601号公報

【特許文献2】特開平8-295905号公報

## ~~【発明の開示】~~ Summary of the Invention

### ~~【発明が解決しようとする課題】~~

### 【0007】

上述の方法は、定量に分断された金属片を溶解し、表面張力により球状化した後、凝固させるので、真球度が高く、粒径が揃った微小金属球を製造することが出来る。

しかしながら油中冷却法は、はんだ等の低融点の金属、換言すると融点が油の沸点以下の金属にしか適用することが出来ない為、Cuや、W、Mo等の融点の高い金属を球状化することは不可能である。

### 【0008】

また、特許文献1、2に記載の方法は、油中冷却法と比べると金属片を高温に加熱することが可能であるものの、炉中を自由落下させる為、金属片は炉の高温部分を短時間で通過するため、十分な加熱が出来ない場合がある。また、微小な金属片の場合は、炉心管内部の対流の為、飛散したり、炉内部への付着が避けられない。これは炉の寿命を短くするほか、粉末を回収できないという問題がある。さらに、高融点の金属片を球状化する場合

には金属片の融点と比較して十分な温度まで炉の温度を上げることが出来ない為、一層、金属片の加熱が不足し、球状化を達成することが困難である。

#### 【0009】

本発明は上記課題に鑑み、真球度が高く、粒径の揃った微小金属球を容易に得ができる製造方法を提供することを目的とする。

#### ~~【課題を解決するための手段】~~

#### 【0010】

本発明者は、ワイヤ材を所定の寸法に切断した金属片をプラズマにより加熱・成形することにより上記問題を解決するに至った。

#### 【0011】

すなわち本発明は、直径 $\phi$ のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ $l$ が2mm以下、 $\phi$ と $l$ との比が $0.1 \leq l/\phi \leq 3.0$ である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化する微小金属球の製造方法である。

#### 【0012】

そして、直径 $\phi$ のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ $l$ が2mm以下、 $\phi$ と $l$ との比が $0.1 \leq l/\phi \leq 3.0$ 、平均体積が $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ 以下である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化する微小金属球の製造方法である。

#### 【0013】

そして、直径 $\phi$ のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ $l$ が2mm以下、 $\phi$ と $l$ との比が $0.1 \leq l/\phi \leq 3.0$ 、平均体積が $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ 以下、下記の式で算出される体積のCV値が5%以下である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化する微小金属球の製造方法である。

$$CV\text{ 値} = \sigma_v / V_{ave} \times 100 \quad (\%)$$

( $V_{ave}$  : 金属片の平均体積、 $\sigma_v$  : 金属片の体積分布の標準偏差)

#### 【0014】

本発明において金属片はCu、Ag、Au、Alの何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることが好ましい。また金属片はFe、Ti、W、Ni、Crの何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることも好ましい。

#### 【0015】

加えて本発明に好ましくは、金属片を還元雰囲気のプラズマ炎中に導入すること、あるいはさらに、プラズマ炎を発生する為のプラズマ動作ガスには1~20vol%の水素ガスを含有させることである。プラズマ炎はRFプラズマを用いることも好ましい。

#### ~~【発明の効果】~~

#### 【0016】

本発明によれば、真球度が高く、粒径の揃った微小金属球の製造が可能である。加えて、微小金属球の表面の清浄化も同時に達成することが可能である。このような特徴を具備する微小金属球は、電子部品やマイクロマシン等の製造において欠くことの出来ないものである。

本発明の他の目的、特徴及び利点は添付図面に関する以下の本発明の実施例の記載から明らかになるであろう。

#### *Brief Description of the Drawing:*

【図1】本発明の製造方法を実施する製造装置の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の製造方法によるAl金属球の表面を示す走査電子顕微鏡写真である

【図3】本発明の製造方法によるAl金属球の断面を示す走査電子顕微鏡写真である

## Description of the Preferred Embodiments

### 【0017】

上述したように、本発明の重要な特徴は、ワイヤ材を所定の間隔に切断してなる金属片をプラズマ炎中に導入する構成を採用したことにある。

### 【0018】

本発明で適用するプラズマ炎とは気体にエネルギーを加える事で気体中の分子を原子の状態に解離し、原子をさらにイオンと電子に電離させた電離気体であり、電気炉により金属片の加熱を行う従来の製造方法と比べて非常に高い温度、具体的には、高温部では温度が5000°C以上に加熱することが可能である。このようにプラズマ炎では極めて高温の雰囲気を、けんだ合金と比べて融点の高い融点が500~2000°C、さらにはそれ以上の金属や合金からなる金属片であっても、プラズマ炎の高温部に金属片が導入さると、プラズマ炎の高い熱伝導率により、金属片は瞬時に溶解する。

### 【0019】

加えて、プラズマ炎を用いた場合、高温となるのはプラズマ炎のみであり、プラズマ炎から外れた位置では急激に温度が低下する。言いかえると、局所的に極めて高温の雰囲気を達成でき、プラズマ炎とそれ以外の場所との間では急激な温度勾配を形成できる。この急激な温度勾配により、プラズマ炎の高温部において金属片は溶解、自身の表面張力により球状化し、球状化した金属片はプラズマ炎からはなれると、すぐやく融点以下に冷却され、凝固して金属球を形成することができる。したがって、実質的に自由落下している短時間で、高融点の金属を効率的に球状化することが可能となる。

### 【0020】

このようなプラズマ炎中での溶解から凝固の過程では、溶解から凝固が单一の金属片で行われたものは短時間で溶解、凝固を行うので、溶融中の蒸発量が少なく、殆ど体積の変動を生じない。したがって、ワイヤ材を所定の間隔に切断してなる金属片、即ち体積の揃った金属片を用いることで、粒径の揃った微小金属球とすることが可能である。溶解から凝固の過程が单一の金属片で行われず、溶解中に他の金属片と接触して体積が変動するものもあるが、これらの金属球では、单一の金属片が凝固したものと比べて体積や形状が大きく異なる為、分級により容易に取り除くことが可能である。

以上に述べた製造方法により、粒径の揃った微小金属球を効率的に製造することができる。

### 【0021】

加えて本発明の製造方法では、金属片に形成している酸化物を、溶融、球状化過程において低減することも可能であり、従来の製造方法と比べて表面の清浄な微小金属球を得ることができる。これは、本発明の製造方法では既に述べたようにプラズマ炎の高温部では温度が5000°C以上に達するが、プラズマ炎中において金属片が5000°Cのような高温に加熱されると、金属片表面で酸化物を形成している酸素は解離し、雰囲気中に飛散するためである。

### 【0022】

微小金属球が電子機器に用いられる場合には、微小金属球の抵抗率を低くする等の理由から、表面の汚染や、酸化が少ないことが要求されるが、本発明の製造方法によればこのような用途に適した微小金属球を製造することが可能となる。したがって、本発明の製造方法は、導電性材料として用いられる金属や合金、具体的にはCu、Ag、Au、Alの何れかの金属またはこれらを主体とする合金の球状化に適用することが特に好ましい。

さらに、金属片の溶融、球状化、凝固を還元雰囲気のプラズマ中で行うことで、より酸素含有量の低い金属球を得ることができる。

### 【0023】

また逆に、表面を酸化被膜で構成した金属球が必要な場合には、酸素を導入した酸化雰囲気のプラズマ炎を用いることで金属球の表面を酸化させることも可能である。

### 【0024】

以上に述べた金属や合金の他にも、Fe、Ti、W、Ni、Cr等の金属またはこれらを主体とする合金からなる微小金属球を製造するにおいても本発明の製造方法は有効である。これらの金属または合金からなる微小金属球は、上記のように電子機器において電極材やスペーサとして用いられる他、小型ベアリング用のボールやコンタクトプローブ用のボールとして用いられる。

### 【0025】

また本発明では、金属片は長さLが2mm以下、切断前のワイヤ材直径φ、長さLの比が0.1≤L/φ≤3.0であることを要件とする。

直径φに対する長さLの割合が小さいと、切断が困難であるのみならず、金属片の表面積における切断部面積の割合が大きくなる。切断はカッタ等により行われ、この場合切断部では塑性変形を生じるが、切断部及びその周辺は形状が不均一である。そのため切断部が占める面積割合が大きいと、金属片の体積が不均一となる。よって、切断後の金属片における体積のばらつきを小さくする為、0.1≤L/φとする。

### 【0026】

一方、直径 $\phi$ に対する長さ $l$ の割合が大きすぎると、プラズマ炎中での球状化において、溶解時に金属片が長手方向に2以上に分断しやすくなり、均一な大きさの微小金属球を得ることが困難となる。よって $l/\phi \leq 3.0$ とする。好ましくは $1.0 \leq l/\phi \leq 2.0$ である。また、長く切断され体積が大きいワイヤ材は、プラズマ炎中を自由落下する短時間では溶解が不十分となる場合があるので、切断後のワイヤの長さを2mm以下とする。好ましくは1mm以下、より好ましくは0.5mmである。

### 【0027】

本発明の製造方法では、金属片の平均体積は $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ 以下であることが好ましい。既に述べたように本発明の特徴は、プラズマ炎を用いることにより金属片を短時間で溶解、球状化、凝固することである。金属片の寸法が微小なほどこのプロセスを短時間で行うことが可能となり好ましい。具体的には金属片の平均体積は $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ 以下であることが好ましい。

### 【0028】

本発明では、金属片は体積のCV値が5%以下であることが好ましい。

本発明で用いるCV値とは、金属片の体積の均一さを表す値であり、金属片の平均体積 $V_{ave}$ 及び、金属片の体積分布の標準偏差 $\sigma_v$ から下記の式で算出される値である。

$$CV \text{ 値} = \sigma_v / V_{ave} \times 100 \quad (\%)$$

### 【0029】

先に述べたように、本発明の金属球の製造方法では、溶解から凝固の過程では、溶解から凝固が単一の金属片で行われたものでは、殆ど体積の変動を生じない。言いかえると、溶解から凝固の過程が単一の金属片で行われず、体積や形状が大きく異なる金属球を分級により取り除いた後の金属球のばらつきは、プラズマ炎中に導入する前の金属片のばらつきに依存する。

よって、本発明において直径の揃った金属球を得るには、体積の揃った金属片を用いることが好ましい。

### 【0030】

金属片の体積の均一さを表す値であるCV値が5%以下の金属片を用いることで、より直径の揃った金属球を得ることができ、加えて金属球の表面における微粉末の付着を低減し、表面の清浄化を達成することができる。CV値が1%以下の金属片を用いることがより好ましい。さらに好ましくは0.5%以下である。

### 【0031】

以上に述べたように、本発明の製造方法によれば、融点が高い為、従来、球状化が困難であった高融点の金属片を、表面の酸化や汚染を抑制した状態で効率的に球状化することができる。従って、本発明の製造方法によれば、様々な材質の微小金属球を得ることができる。

### 【0032】

本発明の金属球の製造方法は例えば図1に一例を示す装置により実施することができる。図1において、水冷管10により冷却されているRFプラズマトーチ8は、プラズマ動作ガス供給装置11によりプラズマ動作ガス供給位置6から供給されるプラズマ動作ガスと、コイル7から発生する高周波エネルギーによりプラズマ炎3を発生する。

原料供給装置1（例えば電磁振動原料供給装置）に投入された所定の寸法に切断された金属片は、キャリアガスと共に原料供給位置2よりプラズマ炎3内部の高温部（5000～10000°C）に投入される。プラズマ炎中に投入された原料は瞬時に溶融し、表面張力により球状となる。

### 【0033】

プラズマ炎の上流側に位置する原料供給位置2から供給された原料は、十分に加熱、溶融された状態で水素ガスを含有する精錬効果の高いプラズマ部分を通過し、酸化物などの不純物が低減される。

プラズマ炎内で処理された金属片はチャンバ4中を落下しながら不活性ガス雰囲気中で

凝固し、微小金属球9として下部の微小金属球回収部5に集められ、回収される。

以上のようにして、表面酸化、汚染が少なく、粒径の揃った微小金属球を効率的に製造することができる。

#### 【0034】

本発明に適用することができる、プラズマ炎には代表的なものとしてDCプラズマ、RFプラズマがあるが、本発明にはRFプラズマを用いることが好ましい。RFプラズマは、DCプラズマと異なり、電極が不要で、電極材料等に起因する不純物の混入の少ない為である。加えて、RFプラズマでは、DCプラズマと比べて、プラズマ動作ガスのガス流速を低く出来る為、プラズマ炎中の金属片の滞留時間を長くすることで、十分に金属片を加熱することが可能である。

#### 【0035】

また、プラズマ炎を発生する為のプラズマ動作ガスには、一般にプラズマ動作ガスとして用いられているアルゴンガス、窒素ガス等を用いることができるが、これに水素ガスを含有させることが好ましい。

本発明では金属片をプラズマ炎中に導入することで微小金属球表面での酸素濃度を低減することができるが、さらに、プラズマ動作ガス中に水素を導入すれば、水素イオン、励起原子などの還元反応により酸素濃度を一層低下することが可能となる。プラズマ動作ガス中に水素ガスを含有させる場合、十分な効果を得る為にはプラズマ動作ガス中の水素ガスの濃度を1v o l %以上とすることが好ましい。より好ましくは3v o l %以上である。なお、水素ガスの濃度が高くすることで、より酸素濃度を低減することが出来るが、一方、水素ガスを過度に含有させるとプラズマ炎が不安定となり、金属片の球状化を達成できなくなる場合がある。よって水素ガスは20v o l %以下で含有することが好ましい。

#### 【実施例1】

#### 【0036】

図1に記載のRFプラズマ装置を用いて、質量%でAgを71%含有し、残部実質的にCuである金属片を用い、目標直径が300.0  $\mu$ mの微小金属球を以下に示す製造条件で作製した。プラズマ炎に導入するAg-Cu合金(金属片)は直径0.2mmのワイヤを回転刃により、一定寸法に切断して作製した。金属片のCV値は、約60pc'sの金属片を用い、各金属片の側面(軸に水平な面)を写した画像から金属片の長さ、及び直径を測定し、その測定値より算出する値である。また、金属球のCV値は、約60pc'sの微小金属球を用い、微小金属球を写した画像の任意の位置において直径を測定し、その測定値より算出する値である。

#### 【0037】

##### (製造条件)

金属片寸法:  $\phi$  0.2 mm  $\times$  L 0.450 mm (体積  $1.4 \times 10^{-5}$  cm<sup>3</sup>, L/ $\phi$  = 2.25)

金属片のCV値: 0.47%

プラズマ動作ガス: Ar 30 L/min, H<sub>2</sub> 1 L/min、混合ガス

プラズマトーチ: 水冷式石英管  $\phi$  50 mm、高周波誘導コイル  $\phi$  70 mm

チャンバ: 最大内径  $\phi$  800 mm、最大内高 1500

チャンバ内雰囲気: Arガス雰囲気

原料供給装置: 電磁フィーダー

高周波誘導コイル入力条件: 4 MHz, 10 kW

#### 【0038】

上述の製造条件により得られた金属球について、粒径が大きく異なる金属球を取り除く為のふるい分級、及び二以上の金属球が連なったものを取り除く転がし分級(傾斜させた平板上で金属球を転がし、直進しないものを取り除く分級方法)を行ない、プラズマ炎に導入した金属片の重量に対して、約30%の重量の金属球を回収した。分級後の金属球から無作為に100球を抽出し、平均直径、平均真円度を測定した。これらは抽出した微小金属球のSEM像について画像分析を行ない、投影面積を円と仮定した場合の直径(円相

当径) から平均直径を、真球度 = 円相当径 / 最大径から平均真円度を算出して求めた。また円相当径から、金属球の体積を算出して、金属球について体積の CV 値を求めた。加えて ICP 法により金属球中の酸素含有量の分析を行った。結果を表 1 に示す。

#### 【0039】

表 1 に示すように、目標とする直径で、真球度の高い金属球を製造することができている。また、金属球の CV 値は 0.47 となり、プラズマ炎中に導入した金属片の CV 値と同じ値となっている。加えて、酸素含有量も装置の検出限界である 1 ppm 以下と非常に低い値を達成することが出来ている。

#### 【0040】

上記の本発明の製造方法でははんだ合金等の低融点金属と比べて高融点の金属を球状化することが可能である。これにより得られる微小金属球は、例えばプリント基板と電子部品等を接合するにおいて、両者を電気的に接続すると共に、間隔を任意の寸法に固定する導電性スペーサ金属球として用いることができる。

#### 【0041】

また、BGA 接続においても通常のはんだボールによる接続よりも融点が高いため、BGA 基板の周辺部に微小金属球を設置し、これらを EB 等であらかじめ溶融して接着しておけば、はんだボールを溶融する BGA 基板のリフロー時にははんだと比べて融点が高いため溶融せず、結果として、潰れてしまうのを防ぐ機能を付加することができる。したがって、リフローによる BGA 接続の信頼性の向上が得られる。

本発明の製造方法により得られる微小金属球は必要に応じ、表面にはんだなどの低融点の金属を被覆したり、Auめっきを施すなどして用いることもできる。

#### 【0042】

##### 【表 1】

目標粒径	300.0 $\mu\text{m}$
平均粒径	300.5 $\mu\text{m}$
平均真円度	0.9929
微小金属球の CV 値	0.47%
O <sub>2</sub> 分析値	1 ppm 以下

#### 【実施例 2】

#### 【0043】

図 1 に記載の RF プラズマ装置を用いて、実質的に Cu (不可避的不純物含む) からなる金属片を用い、目標直径が 300.0  $\mu\text{m}$  の金属球を以下に示す製造条件で作製した。この際、金属片の CV 値が異なる 2 条件で製造を行った。なお、金属片の作製、及び CV 値の測定は実施例 1 と同様にして行った。

#### 【0044】

##### (製造条件)

金属片寸法:  $\phi 0.2\text{ mm} \times L 0.450\text{ mm}$  (体積  $1.4 \times 10^{-5}\text{ cm}^3$ 、 $L / \phi = 2.25$ )

プラズマ動作ガス: Ar 30 L/min

プラズマトーチ: 水冷式石英管  $\phi 50\text{ mm}$ 、高周波誘導コイル  $\phi 70\text{ mm}$

チャンバ: 最大内径  $\phi 800\text{ mm}$ 、最大内高 1500

チャンバ内雰囲気: Ar ガス雰囲気

原料供給装置: 電磁フィーダー

高周波誘導コイル入力条件: 4 MHz、12 kW

#### 【0045】

上述の製造条件により得られた金属球について実施例 1 と同様の分級を行ない、プラズマ炎に導入した金属片の重量に対して、約 40% の重量の金属球を回収した。分級後の金

金属球から無作為に約60球を抽出し、実施例1と同様の方法により金属球の平均粒径、金属球のCV値、酸素含有量の測定を行った。結果を表2に示す。

【0046】

【表2】

	金属片のCV値	
	0.47%	0.55%
平均粒径	300.3 $\mu\text{m}$	300.4 $\mu\text{m}$
微小金属球のCV値	0.47%	0.55%
O <sub>2</sub> 分析値	1ppm 以下	1ppm 以下

【0047】

表2に示すように、プラズマ炎中に導入した金属片のCV値と、分級後の金属球のCV値は一致している。よって、金属片のばらつきを小さくすることにより、分級後の金属球における直徑のばらつきを小さくすることが可能である。

【実施例3】

【0048】

図1に記載のRFプラズマ装置を用いて、実質的にオーステナイト系ステンレス(Fe-19.45Cr-9.77Ni-0.1C (mass%))、JIS SUS304)からなる金属片を用い、目標直徑が100.0  $\mu\text{m}$ の金属球を以下に示す製造条件で作製した。なお、金属片の作製、及びCV値の測定は実施例1と同様にして行った。なお、金属片の組成の測定はLECO法により実施した。

【0049】

(製造条件)

金属片寸法:  $\phi 0.2\text{mm} \times L 0.135\text{mm}$  (体積  $4.1 \times 10^{-6}\text{cm}^3$ 、  $L/\phi = 0.675$ )

金属片のCV値: 1.57%

プラズマ動作ガス: Ar 30 L/min

プラズマトーチ: 水冷式石英管  $\phi 50\text{mm}$ 、高周波誘導コイル  $\phi 70\text{mm}$

チャンバ: 最大内径  $\phi 800\text{mm}$ 、最大内高 1500

チャンバ内雰囲気: Arガス雰囲気

原料供給装置: 電磁フィーダー

高周波誘導コイル入力条件: 4MHz、10kW

【0050】

上述の製造条件により得られた金属球について実施例1と同様の分級を行ない、プラズマ炎に導入した金属片の重量に対して、約98%の重量の金属球を回収した。分級後の金属球から無作為に約60球を抽出し、実施例1と同様の方法により金属球の平均粒径、金属球のCV値の測定を行った。結果を表3に示す。

【0051】

【表3】

目標粒径	100.0 $\mu\text{m}$
平均粒径	98.6 $\mu\text{m}$
微小金属球のCV値	1.58%
金属球の組成(mass%)	Fe-19.45Cr-9.77Ni-0.1C

【0052】

表3に示すように、目標とする直径で、真球度の高い金属球を製造することができている。また、金属球のCV値は1.58%となり、プラズマ炎中に導入した金属片のCV値と同じ値となっている。加えて、金属球の組成分析の結果、金属片と同じ組成の変動が無いことが確認された。

#### 【実施例4】

##### 【0053】

図1に記載のRFプラズマ装置を用いて、実質的にAl(不可避的不純物含む)からなりCV値が0.70%の金属片を用い、目標直径が300.0  $\mu\text{m}$ の金属球を以下に示す製造条件で作製した。なお、金属片の作製、及びCV値の測定は実施例1と同様にして行った。

##### 【0054】

###### (製造条件)

金属片寸法:  $\phi 0.3\text{ mm} \times L 0.200\text{ mm}$  (体積  $1.4 \times 10^{-5}\text{ cm}^3$ 、  $L/\phi = 0.667$ )

プラズマ動作ガス: Ar 30 L/min

プラズマトーチ: 水冷式石英管  $\phi 50\text{ mm}$ 、高周波誘導コイル  $\phi 70\text{ mm}$

チャンバ: 最大内径  $\phi 800\text{ mm}$ 、最大内高  $1500\text{ mm}$

チャンバ内雰囲気: Arガス雰囲気

原料供給装置: 電磁フィーダー

高周波誘導コイル入力条件: 4 MHz、19 kW

##### 【0055】

上述の製造条件により得られた金属球について実施例1と同様の分級を行ない、プラズマ炎に導入した金属片の重量に対して、約97%の重量の金属球を回収した。分級後の金属球から無作為に約60球を抽出し、実施例1と同様の方法により金属球の平均粒径、金属球のCV値の測定を行った。結果を表4に示す。また、得られた金属球の表面を示す走査電子顕微鏡像を図2に、金属球の断面を示す走査電子顕微鏡像を図3に示す。

##### 【0056】

###### 【表4】

目標粒径	300.0 $\mu\text{m}$
平均粒径	301.4 $\mu\text{m}$
平均真円度	0.99
微小金属球のCV値	0.70%

##### 【0057】

表4、図2に示すように真円度の高い金属球が得られている。また、プラズマ炎中に導入した金属片のCV値と、分級後の金属球のCV値は一致している。よって、金属片のばらつきを小さくすることにより、分級後の金属球における直径のばらつきを小さくすることが可能である。

また図3に示すように、本発明の製造方法によれば内部に空隙の無い金属球を得ることができている。従って、実施例1で述べたように金属球を溶融して用いる場合でも、溶融前後で体積の変動を生じることが無く、非接合体同士の高さを正確に制御することを要するBGH接続の用途にも好適である。

上記記載は実施例についてなされたが、本発明はそれに限らず、本発明の精神と添付のクレームの範囲内で種々の変更および修正をすることができることは当業者に明らかである。

※請求項について、米国法【従属項を含む多項への従属禁止】に書式対応済み

*Claims.*

~~書類名 特許請求の範囲~~

【請求項 1】

直径  $\phi$  のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ  $L$  が 2 mm 以下、  $\phi$  と  $L$  の比が  $0.1 \leq L/\phi \leq 3.0$  である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化することを特徴とする微小金属球の製造方法。

【請求項 2】

直径  $\phi$  のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ  $L$  が 2 mm 以下、  $\phi$  と  $L$  の比が  $0.1 \leq L/\phi \leq 3.0$ 、平均体積が  $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$  以下である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化することを特徴とする微小金属球の製造方法。

【請求項 3】

直径  $\phi$  のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ  $L$  が 2 mm 以下、  $\phi$  と  $L$  の比が  $0.1 \leq L/\phi \leq 3.0$ 、平均体積が  $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$  以下、下記の式で算出される体積の CV 値が 5 % 以下である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化することを特徴とする微小金属球の製造方法。

$$CV \text{ 値} = \sigma_v / V_{ave} \times 100 \quad (\%)$$

( $V_{ave}$  : 金属片の平均体積、  $\sigma_v$  : 金属片の体積分布の標準偏差)

【請求項 4】

金属片は Cu、Ag、Au、Al の何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の微小金属球の製造方法。

【請求項 5】

金属片は Fe、Ti、W、Ni、Cr の何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の微小金属球の製造方法。

【請求項 6】

金属片を還元雰囲気のプラズマ炎中に導入することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の微小金属球の製造方法。

【請求項 7】

プラズマ炎を発生する為のプラズマ動作ガスには、 1 ~ 20 vol % の水素ガスを含有させることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の微小金属球の製造方法。

【請求項 8】

プラズマ炎は RF プラズマを用いることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の微小金属球の製造方法。

【書類名】要約書

【要約】Abstract of the Disclosure.

【課題】 本発明は、真球度が高く、粒径の揃った微小金属球を容易に得ることができる製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は直径  $\phi$  のワイヤ材を所定の間隔に切断し、切断後の長さ  $L$  が 2 m 以下、 $\phi$  と  $L$  の比が  $0.1 \leq L/\phi \leq 3.0$  である金属片を得、ついで該金属片をプラズマ炎中に導入して球状化する微小金属球の製造方法である。

上記本発明では金属片は Cu、Ag、Au、Al の何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることが好ましい。また金属片はFe、Ti、W、Ni、Cr の何れかの金属またはこれらを主体とする合金であることも好ましい。

加えて本発明に好ましくは、金属片を還元雰囲気のプラズマ炎中に導入すること、あるいはさらに、プラズマ炎を発生する為のプラズマ動作ガスには 1 ~ 20 vol % の水素ガスを含有させることである。プラズマ炎は RF プラズマを用いることも好ましい。

【選択図】図 1